

### 3. AUDIOTEKNIIKAN PERUSTEITA

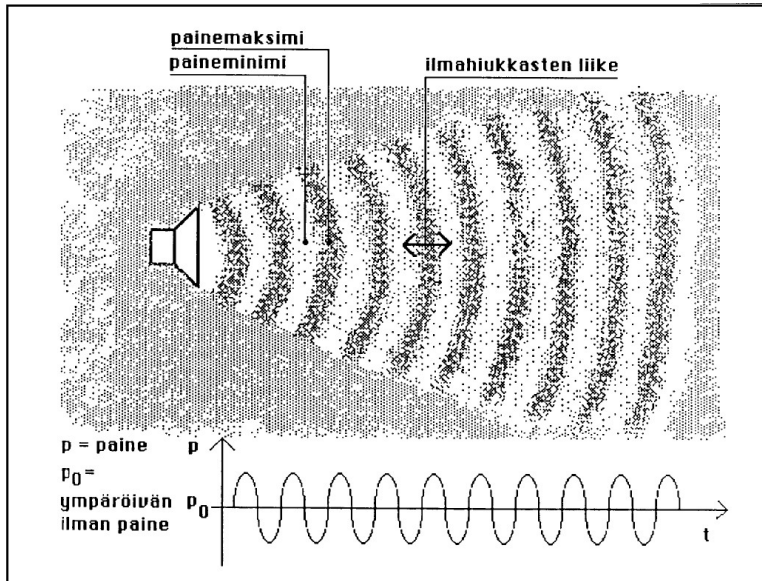
Audiotekniikassa esiintyy suuri määrä käsitteitä, joista monet ovat tuttuja sähkötekniikan ja fysiikan alueilta. Näiden käsitteiden soveltaminen äänitekniikkaan on varsin loogista, mutta niiden ymmärtäminen on välttämätöntä asiakokonaisuuden ymmärtämisen kannalta.

Tutustumme aluksi muutamiin perusasioihin, joiden ymmärtäminen on tärkeää tämän kirjan omaksumisen kannalta. Termit ja käsitteet täsmenevät kirjan edetessä, mutta tähän on kerätty tärkeimmät peruskäsitteet.

#### 3.1 Äänen olemuksesta ja kuulon fysiologiasta

Ääni on väliaineessa etenevää paineenvaihtelua. Se etenee ali- ja ylipaineisina vyöhykkeinä ja on siis pitkittäissuuntaista aaltoliikettä - värähtelyä. Jos ääni voitaisiin "pysäyttää", olisi tilanne suunnilleen kuvan 3.1 mukainen.

Kuva 3.1: Pysäytetty ääni



Äänennopeus ilmassa ( $c$ ) riippuu lämpötilasta seuraavasti:  
 $c = 331,4\sqrt{1+(t/273)}$  m/s, jossa  $t$  on ilman lämpötila Celsiusasteina.

Normaaliolosuhteissa ääni etenee ilmassa nopeudella n. 342 m/s. Pakkasella ääni siis kulkee hitaammin ja lämpimässä vastaavasti nopeammin. Nopeuteen vaikuttaa jossain määrin ilman kosteus, paine ja lämpötila. Kuultavan äänen taajuusalueena pidetään 20...20.000 hertsiä (Hz). Mainittua taajuusaluetta kutsutaan usein audiokaistaksi.

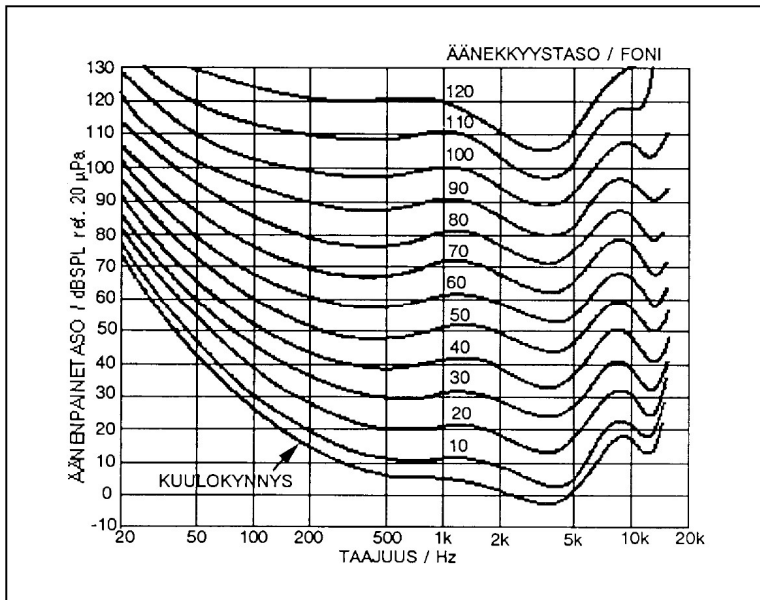
Tämä yleensä päteeikin nuorella ihmisellä, mutta iän myötä taajuus-alue kapenee yläpäästään.

Paineen lisäksi ääneen liittyy ilman hiukkasnopeus. Kannattaa huomata, että paineen maksimi- ja minimikohdissa hiukkasnopeus on pienimmillään ja välikohdissa suurimmillaan. Matemaattisesti asia voitaisiin ilmaista näin: Paineen derivaatta on maksimissaan, kun nopeuden derivaatta on minimissään, ja päinvastoin.

Äänenpaineen tason eli äänenvoimakkuuden (SPL, Sound Pressure Level) yksikkönä käytetään vakiintuneesti desibeliä (dB). Kuuloaisti ei toimi äänenvoimakkuuden suhteen lineaarisesti eli suoraan verrannollisesti. Kaksinkertainen äänenpaine ei kuulosta kaksinkertaiselta, vaan ainoastaan hieman kovemmalta. Tämä puoltaa logaritmi- sen suhdeyksikön, desibelin, valintaa äänenvoimakkuustasojen kuvaajaksi.

Korvan kuulokynnys ja äänenvoimakkuustasojen aistiminen riippuu sekä äänenpaineesta että taajuudesta. Asiaa kuvaa hyvin ns. Fletcher-Munson - käyrästä, joka on esitetty kuvassa 3.2. Herkkyys on parhaimmillaan 3 kHz...4 kHz:n taajuuksilla ja vähenee lähestyttäessä korkeita tai matalia taajuuksia. Eritaajuisten äänten välillä vallitsevat herkkyserot kuitenkin pienenevät, kun tasoa nostetaan.

**Kuva 3.2: Fletcher-Munson - vakioäännekkyysskäyrät**



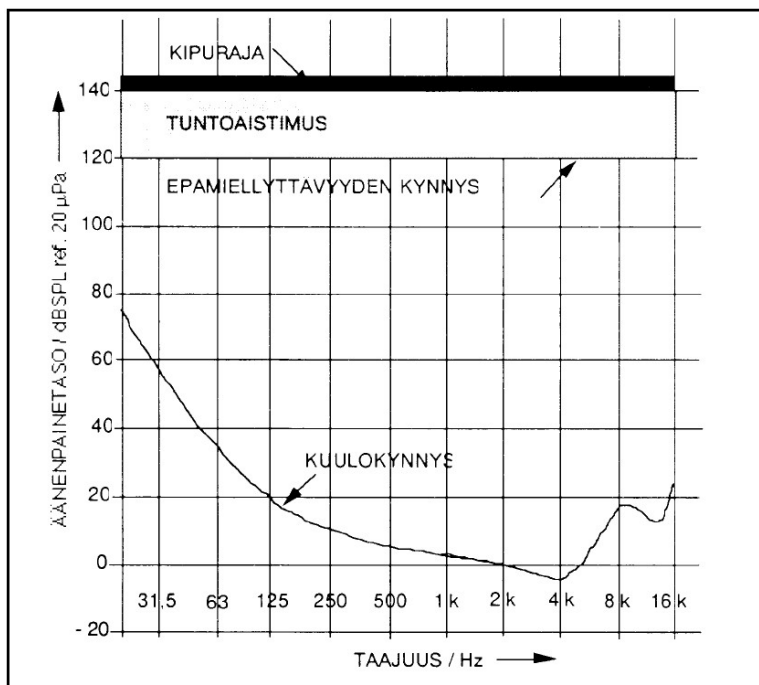
Äänenpaineen mittauksessa käytetään usein ns. A-suodatinta, joka pyrkii huomioimaan korvan ominaisuudet taajuustasossa. A-suodatin vaimentaa korkeita ja matalia ääniä. Myös muuntotyypisiä suotimia käytetään samaan tarkoitukseen (kts. 10. Audiomittaus). Kun desibeliä käytetään äänenpaineen tason yhteydessä, voidaan dB:hen liittää lisämerkki kuvaamaan käytettyä painotussuodatinta, esim dB(A).

## 3.2 Desibeli liitteineen

Desibeli on suhdeyksikkö, jolla ääniteknikassa ilmaistaan sähköisen tai akustisen signaalin tasoa verrattuna johonkin toiseen, sovittuun tasoon, vertailu- eli referenssitasoon (reference level). Ilmaistaessa esim. äänenvoimakkuutta desibeleissä, vastaa vertailutaso korvan kuulokynnystä keskitaajuuksilla. Merkintä "0 dB SPL" ei siis tarkoita absoluuttista hiljaisuutta.

Sähköisten signaalien mittaukseen dB on tullut puhelin- ja radiotekniikan kautta (B = Bell). Audiosignaalin suuruutta kuvaavana yksikkönä se on paljon käyttökelpoisempi kuin tehoa (watti), jännitettä (voltti) tai virtaa (ampeeri) kuvaavat suureet, koska se vastaa paremmin kuuloaikutelmaa.

Kuva 3.3: Dynamiikka-alue



Matemaattisesti desibeliä käsitellään seuraavasti:

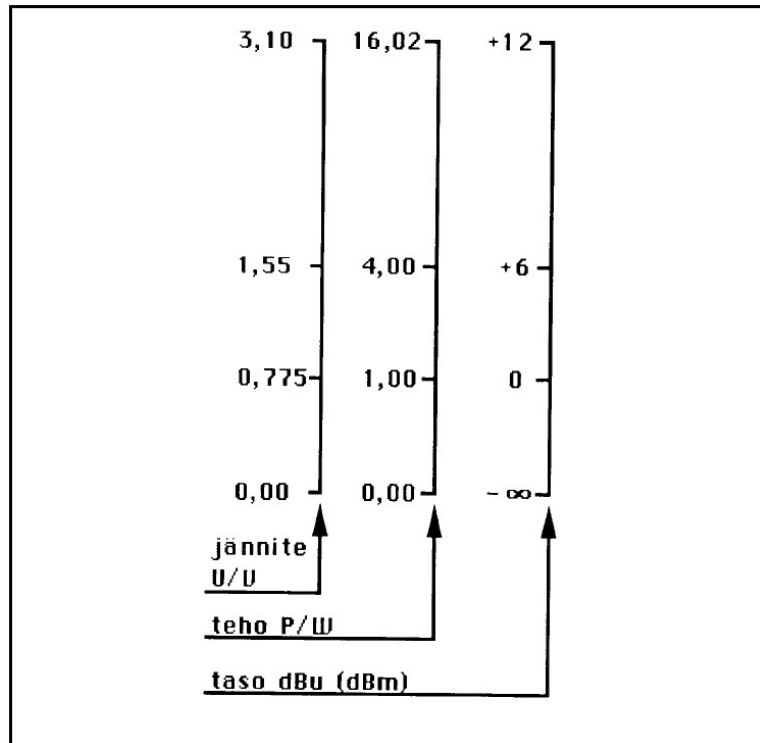
- $\text{dB SPL} = 10 \log(p_1/p_0)$ , jossa SPL (sound pressure level) tarkoittaa mitatun äänenpaineen  $p_1$  tasoa verrattuna referenssitasoon  $p_0$ , joka on  $20 \mu\text{Pa}$  (mikropascalia) ja vastaa korvan kuulokynnystä keskitaajuuksialueella.
- $\text{tehotaso/dB} = 10 \log(P_1/P_0)$ , jossa  $P_1$  = mitattu teho ja  $P_0$  = sovittu vertailuteho.
- $\text{jännitetaso/dB} = 20 \log(U_1/U_0)$ , jossa  $U_1$  = mitattu jännite ja  $U_0$  = sovittu vertailujännite.

Jos edellä esitettyjä kaavoja tarkastellaan sijoittamalla niihin lukuarvoja, voidaan tehdä seuraavia huomioita:

- kun äänenpaine kaksinkertaistuu, nousee äänenpainetaso, SPL n. 3dB.
- kun teho kaksinkertaistuu, nousee tehotaso samoin n. 3dB.
- kun jännite kaksinkertaistuu, nousee jännitetaso n. 6 dB.

Kuuloaisti arvioi äänenvoimakkuuden kaksinkertaiseksi vasta, kun taso on noussut n. 10 desibeliä. dB-käsitettä ymmärtämätön menee siis täysin sekaisin varsinkin vahvistintehoja arvioitaessa.

**Kuva 3.4: Jännitteen, tehon ja tason suhde, kun signaali syötetään 600 ohmin kuormaan**



Sähköisten signaalien yhteydessä dB-yksikön perään liitetään usein merkki, joka viittaa mainittuun suureeseen (teho, jännite), vertailutasoon ja mahdollisesti käytettyyn painotukseen. Painotuksesta enemmän kappaleessa 10. Audiomittaus.

Maailmalla vallitsee melkoinen sekamelska liitemerkkien suhteen. Seuraavassa on esitetty vakiintuneimmat yksiköt ja niiden käyttö:

### **dBm**

dBm:n vertailuteho on 1 mW (milliwatti) tehoa. Kyseinen teho saadaan aikaan 0,775 V:n jännitteellä 600 ohmin kuormaan. Käytettäessä dBm-ilmaisua oletetaan aina, että kuorma on mainittu 600 ohmia. Yksikkö on tarkoitettu puhelinmiesten käyttöön, eikä siitä ole audiokäytössä paljoa iloa, koska nykyään kuormitusimpedanssi vaihtelee laitteen mukaan. Yksikköä näkee kuitenkin käytettävän paljon, vaikka itse asiassa tarkoitetaan dBu:ta.

### **dBu**

0 dBu tarkoittaa 0,775 V:n tehollista jännitettä mihin tahansa kuormaan. Nykyään kaikki audiolaitteet pyritään rakentamaan siten, että ne kykenevät antamaan halutun jännitteen erilaisiin kuormiin. Käytännössä nämä kuormat (laitteiden otto- eli tuloimpedanssit) ovat usein suurempia kuin edellämäinittu 600 ohmia. Näin nimellistasot pysyvät samoina, vaikka laitteet ovat erilaisia ja niitä joskus liitetään

rinnakkain. Sähköisten signaalien yhteydessä dBu on mainituista syistä sopivin suhdeyksikkö.

### **dBV**

0 dBV tarkoittaa 1 V:n jännitettä mihin tahansa kuormaan. Yksikköä käytetään paljon kotikäyttöön tarkoitettujen laitteiden yhteydessä. Sitä ei saa sekoittaa dBu:n, niiden välinen ero on 2,2 dB.

Audiolaitteiden yhteydessä saattaa joskus törmätä dBf- ja dBW- yksiköihin. dBf:n vertailutaso on  $10^{-15}$  W (femtowatti), ja sitä käytetään ilmaisemaan radiovastaanottimen herkkyyttä. dBW:tä (desibelivatti), vertailutaso 1 W, käytetään joskus vahvistintehon suureena.

dB-käsitettä voidaan käyttää (ja käytetään) myös muilla alueilla kuin äänitekniikassa. Mikään ei periaatteessa estä ilmaisemasta esim. auton moottorin tehoa dBm:ssä. Tästä esimerkki: Moottorin teho on 100 hv. Kun 1 hv = n. 0,8 kW, vastaa 100 hv n. 80 kilowattia. Teho dBm:ssä =  $10 \log (80 \times 10^3 \text{ W} / 1 \times 10^{-3} \text{ W}) \text{ dBm} = 79 \text{ dBm}$ .

## **3.3 Nimellistasot**

Erilaisten äänilaitteiden yhteensopivuuden kannalta on tärkeää, että laitteet keskustelevat samalla kielellä eli toimivat samoilla nimellistasoilla. Jos laitteeseen syötettävän signaalin jännitetaso on liian suuri, saattaa signaali säröytyä. Liian pieni syöttötaso saattaa aiheuttaa sen, että signaali hukkuu laitteen omaan kohinaan.

Nykyaikaisessa äänitekniikassa tasolla tarkoitetaan lähes aina jännitetasoa, tehoista puhutaan vain päätevahvistimien yhteydessä. Ammattimaisessa äänitekniikassa esiintyy muutamia erilaisia standarditasoja. Seuraavassa on esitetty yleisimmät nimellistasot ja niiden käyttö:

### **+ 8 dBu**

Eräissä äänitysstudioissa (varsinkin USA:ssa) käytetty taso. Koska nykyaikaiset laitteet sietävät elektroniikkansa puolesta usein yli 20 dBu:n tasoja, voidaan häiriöetäisyyttä hieman parantaa yliohjausvaran liikaa kärsimättä ottamalla käyttöön korkeampi nimellistaso.

### **+ 6 dBu**

Eurooppalainen yleisradiostandardi, jota myös YLE ja MTV käyttävät. Tiettyssä mielessä looginen: symmetrisessä kytkennässä taso on + 6 dBu, kun vaiheen ja maan välistä mitattu taso on 0 dBu. Vastaa nimellisjännitettä 1,55 V.

### **+ 4 dBu:**

Maailman yleisin ammattimaisen äänitekniikan toimintataso. Useimmat äänilaitteet on alunperin tarkoitettu toimimaan tällä tasolla. Vastaa nimellisjännitettä 1,23 V.

**0 dBu**

Puhelintekniikasta tuttu taso (oikeammin 0 dBm). Käytössä myös monissa puoliammattilais-, ammattilais- ja harrastelijalaitteissa esiintyvä taso (esim. Revox, Tandberg). Nimellisjännite on 0,775 V.

**0 dBV**

Esiintyy joskus puoliammattilais- ja harrastelijalaitteissa. Nimellisjännite on 1,0 V.

**- 6 dBV**

Esiintyy eräissä ammattilaispiireihin varsinkin takavuosina levinneissä harrastelijalaitteissa (Quad, Nakamichi). Nimellisjännite on 0,5 V.

**- 10 dBV**

Ns. kotiaänittäjien toimintataso. Käytössä mm. useimmissa Teac-Tascameissa ja Fostexeissa sekä useissa hifi-laitteissa. Nimellisjännite on 0,3 V.